

# FORMULAIRE DE STATISTIQUES

## L1 de Psychologie – année 2025/2026

---

Mode d'évaluation et connaissances exigibles . . . . .	2
<b>Résumés</b>	<b>3</b>
Statistiques descriptives à une variable . . . . .	3
Couple de variables statistiques . . . . .	3
Probabilité . . . . .	4
Estimation . . . . .	4
<b>Utilisation des calculatrices</b>	<b>6</b>
Utilisation de calculatrice <i>Casio</i> . . . . .	6
Utilisation de calculatrices <i>TI</i> . . . . .	8
Utilisation de calculatrices <i>NumWorks</i> . . . . .	10
<b>Tables</b>	<b>11</b>
Table 1 : Loi de Student . . . . .	11
Table 2 : Loi du $\chi^2$ . . . . .	12

Les feuilles de TD et résumés des cours sont mis en ligne sur  
<https://plubel-prod.u-bourgogne.fr/course/view.php?id=889>.



# MODE D'ÉVALUATION ET CONNAISSANCES EXIGIBLES

Pour les examens de statistiques, les étudiants amènent leur formulaire **vierge de toute annotation** et leur calculatrice scientifique, réinitialisée ou utilisée en “*mode examen*”.

La note de contrôle continu (CC) comptera un contrôle commun, comptant pour les deux tiers de la note de CC. L'autre tiers sera attribuée au sein de chaque groupe de TD : principalement à partir d'un ou des contrôles écrits en temps limité.

En première session, le contrôle continu et l'examen terminal (CT) compteront chacun pour la moitié de la note de l'UE. En deuxième session, une seule épreuve écrite compte pour la totalité de l'UE (remplaçant à la fois la note de CC et la note de CT).

Lors des contrôle écrits et de l'examen terminal, l'étudiant sera évalué sur sa capacité à

1. Connaître et savoir identifier les différents types de variables statistiques

## Statistiques descriptives à une variable

2. Réorganiser les données fournies (par exemple : regroupement en classes).
3. Déterminer la moyenne, l'écart type, les fréquences, les fréquences cumulées, la médiane et (pour les données regroupées en classes) les quartiles.
4. Lire des représentations graphiques et en déduire la valeur de proportions.
5. Calculer des proportions expérimentales à partir de données.
6. Déterminer l'intervalle correspondant une proportion fixée (sous certaines conditions)  
*exemple : trouver le plus petit  $a$  tel que  $\mathbb{P}_r[X \leq a] \geq 10\%$ .*

## Statistiques descriptives à deux variables

7. Tracer ou exploiter un nuage de points.
8. Déterminer la covariance, le coefficient de corrélation linéaire, et le coefficient de corrélation des rangs (de Spearman) de deux variables statistiques.
9. Déterminer la droite de régression  $D_{Y|X}$  (ou  $D_{X|Y}$  selon le contexte), et l'utiliser pour des régressions linéaires.

## Probabilités, combinatoire

10. Calculer  $n!$  et  $\binom{n}{k}$ . Manipuler le symbole  $\sum$ .
11. Reconnaître les situations où la loi est uniforme, binomiale, ou normale. Déterminer, le cas échéant, ses paramètres.
12. Savoir lister les résultats possibles d'une expérience afin de calculer la probabilité d'un événement précis. Utiliser les  $n!$  et  $\binom{n}{k}$  pour déterminer (dans certains cas) le nombre de cas sans en dresser la liste.
13. Connaître les propriétés des lois binomiale et normale (moyenne et variance).
14. Déterminer la probabilité de n'importe quel intervalle pour toute loi binomiale ou normale. En déduire des « effectifs théoriques ».
15. Déterminer l'intervalle ayant une probabilité fixée (sous certaines conditions) – *exemple : trouver le plus petit  $a$  tel que  $\mathbb{P}[X \leq a] \geq 10\%$ .*  
Cas particulier : quartiles.
16. Utiliser la loi normale pour faire des calculs approchés pour une loi binomiale, après avoir vérifié que les conditions de l'approximation sont satisfaites. Savoir dans quel cas faire une correction de continuité, et savoir faire cette correction de continuité pour n'importe quel intervalle fermé.

## Estimation

17. Estimer par intervalle de confiance une proportion, une moyenne ou une variance, en ayant vérifié que les conditions sont réunies pour procéder à l'estimation.
18. Déterminer la taille d'échantillon nécessaire pour que l'estimation atteigne une certaine précision.
17. Effectuer les calculs sur calculatrice, avoir conscience de la précision (ou l'imprécision) des résultats.
18. Détailler les calculs (étapes intermédiaires) lorsque l'énoncé le demande.
19. Interpréter les résultats obtenus, indiquer leur signification.

La lisibilité des copies et la présentation des calculs, raisonnements et résultats pourra aussi être prise en compte.

# STATISTIQUES DESCRIPTIVES À UNE VARIABLE

**MOYENNE ET ÉCART-TYPE** d'une variable statistique  $X$  sur un échantillon de taille  $n$

	Données brutes (petits échantillons)	Effectifs par modalités (grands échantillons)	Données regroupées en classes
Notation	$x_i$ : valeur de $X$ pour l'individu $i$ $n$ : taille de l'échantillon	$n_i$ : effectif de la modalité $x_i$ $r$ : nombre de modalités	$n_i$ : effectif d'une classe dont le centre est noté $c_i$ $r$ : nombre de classes
Moyenne	$m(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$m(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r n_i x_i$	$m(X) \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r n_i c_i$
$m(X^2)$	$m(X^2) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i^2)$	$m(X^2) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r n_i (x_i^2)$	$m(X^2) \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^r n_i (c_i^2)$
Variance	$\text{Var}(X) = m\left((X - m(X))^2\right) = m(X^2) - (m(X))^2$		
Écart-type	$s(X) = \sqrt{\text{Var}(X)}$	(le plus petit des deux écarts-types qu'affichent les calculettes)	
Écart-type corrigé	$\hat{s}(X) = \sqrt{\frac{n}{n-1}} s(X)$	(le plus grand des deux écarts-types qu'affichent les calculettes)	

## MÉDIANE ET QUARTILES

**Données brutes** : échantillons (généralement petits) de  $n$  individus.

On ordonne les valeurs prises par ordre croissant. La médiane est la  $\left(\frac{n+1}{2}\right)^{\text{ième}}$  valeur. Si  $\frac{n+1}{2}$  n'est pas entier, on prend le milieu entre la  $\left(\frac{n}{2}\right)^{\text{ième}}$  et la  $\left(\frac{n}{2} + 1\right)^{\text{ième}}$ .

**Données regroupées en classes** :

Dans ce cas, la médiane est la valeur  $\text{Med}$  telle que  $P_r[X \leq \text{Med}] = 0,5$ .

- Notation :  $F_X(a) = \mathbb{P}_r[X \leq a]$
- **Classe médiane**, notée ci-dessous  $[a_i; a_{i+1}[$  : première classe dont la fréquence cumulée est supérieure à 0,5.
- **Médiane** :  $\text{Med} \simeq a_i + \frac{a_{i+1} - a_i}{F_X(a_{i+1}) - F_X(a_i)} (0,5 - F_X(a_i))$ .
- Si  $F_X$  est exprimé en %, alors il faut remplacer 0,5 par 50 dans cette formule.

**Quartiles** : Pour le premier et le troisième quartiles, on utilise la même formule en remplaçant 0,5 par 0,25 pour le premier quartile ( $Q_1$ ) et par 0,75 pour le troisième ( $Q_3$ ).

**Attention** la classe  $[a_i, a_{i+1}[$  à considérer change aussi.

## COUPLE DE VARIABLES STATISTIQUES

**Coefficient de corrélation des rangs de Spearman** :

Variables appariées, 'qualitatives ordinales' ou 'quantitatives'  
 $x'_i$  désigne le rang de la valeur  $x_i$ ,

$$r_s(X; Y) \approx 1 - 6 \frac{\sum_{i=1}^n (x'_i - y'_i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

**CORRÉLATION ET RÉGRESSION LINÉAIRE** de variables quantitatives appariées

**Covariance** :  $\text{Cov}(X; Y) = m(XY) - m(X)m(Y)$  où  $m(XY) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i$

**Coefficient de corrélation linéaire** :  $r(X; Y) = \frac{\text{Cov}(X; Y)}{s(X) \cdot s(Y)}$

**Droites de régression** :

• Droite  $D_{Y|X}$  (détermination de  $Y$  en fonction de  $X$ ) :

$$D_{Y|X} : Y = aX + b \quad \text{où} \quad a = \frac{\text{Cov}(X; Y)}{\text{Var}(X)} = r(X; Y) \times \frac{s(Y)}{s(X)}, \quad \text{et} \quad b = m(Y) - a \cdot m(X)$$

• Droite  $D_{X|Y}$  (détermination de  $X$  en fonction de  $Y$ ) :

$$D_{X|Y} : X = a'Y + b' \quad \text{où} \quad a' = \frac{\text{Cov}(X; Y)}{\text{Var}(Y)} = r(X; Y) \times \frac{s(X)}{s(Y)}, \quad \text{et} \quad b' = m(X) - a' \cdot m(Y)$$

# PROBABILITÉ

**NOMBRE DE PERMUTATIONS** de  $n$  éléments :  $n! = n \times (n-1) \times (n-2) \times \dots \times 1$

**NOMBRE DE COMBINAISONS** de  $k$  éléments parmi  $n$

- si  $0 \leq k \leq n$ , on note  $\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$
- si  $k < 0$  ou  $k > n$ , on considère que  $\binom{n}{k} = 0$

**Remarques**  
 $\binom{n}{0} = 1, \quad \binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}$   
 $\binom{n}{k}$  est parfois noté  $C_n^k$

## LOI UNIFORME

On parle de "loi uniforme" lorsque chaque cas a la même probabilité.

Probabilité d'un événement :  $\frac{\text{nombre de cas favorables}}{\text{nombre total de cas}}$ .

## LOI BINOMIALE

On répète  $n$  fois de manière indépendante une expérience qui a une probabilité de succès  $p$ . On note  $X$  le nombre de succès obtenus.

Alors  $X \sim \mathcal{B}(n; p)$ , c'est à dire  $\mathbb{P}[X = k] = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$

**Moyenne** :  $m(X) = np$ , **Variance** :  $Var(X) = np(1-p)$ , **Écart-type** :  $s(X) = \sqrt{np(1-p)}$

## LOI NORMALE

- Si  $Z \sim \mathcal{N}(0; 1)$ , alors  $\mu + Z\sigma \sim \mathcal{N}(\mu; \sigma)$ .
- Utilisation des calculatrices : voir pages suivantes.

## APPROXIMATION DE LA LOI BINOMIALE PAR UNE LOI NORMALE

- Si  $np(1-p) \geq 1000$ , alors
  - $\mathcal{B}(n; p) \approx \mathcal{N}(np; \sqrt{np(1-p)})$ .
  - Si  $S \sim \mathcal{B}(n; p)$ , alors  $P = \frac{S}{n} \approx \mathcal{N}\left(p; \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}\right)$ .
- Si  $10 \leq np(1-p) < 1000$ , alors  $\mathcal{B}(n; p) \approx \mathcal{N}(np; \sqrt{np(1-p)})$ , mais il faut faire une *correction de continuité*.  
 Si  $S \sim \mathcal{B}(n; p)$  et  $X \sim \mathcal{N}(np; \sqrt{np(1-p)})$ , cette *correction de continuité* signifie par exemple que l'on approxime  $\mathbb{P}[8 \leq S \leq 12] \approx \mathbb{P}[7,5 \leq X \leq 12,5]$ .

# ESTIMATION

## Estimation d'une proportion

Dans une population  $\mathcal{P}$ , on désigne par  $p$  la proportion des individus qui satisfont un caractère " $C$ " donné. On prélève ensuite dans  $\mathcal{P}$  un échantillon  $\mathcal{E}$  de taille  $n$ . On note  $p_e$  la proportion expérimentale dans l'échantillon  $\mathcal{E}$ .

On se donne une confiance  $c$  (ou un risque d'erreur  $\alpha = 1 - c$ ). Si  $np_e(1-p_e) \geq 10$ , alors on peut déterminer un intervalle de confiance pour  $p$  selon la procédure suivante :

1. On détermine un nombre  $z_\alpha$  tel que quand  $Z \sim \mathcal{N}(0, 1)$ , on ait  $\mathbb{P}[Z \leq z_\alpha] = 1 - \frac{\alpha}{2} = \frac{c+1}{2}$ .

Par exemple :

confiance: $c$	0,9	0,95	0,96	0,98	0,99	0,995
risque d'erreur: $\alpha$	0,1	0,05	0,04	0,02	0,01	0,005
$z_\alpha$	1,645	1,960	2,054	2,326	2,576	2,807

2. On calcule  $a_\alpha = z_\alpha \cdot \sqrt{\frac{p_e(1-p_e)}{n}}$
3. Avec la confiance  $c = 1 - \alpha$ , on peut affirmer que  $p$  se trouve dans l'intervalle :

$$I_\alpha(p) = [p_e - a_\alpha, p_e + a_\alpha]$$

## Taille de l'échantillon

Taille de l'échantillon pour avoir une précision  $h$  avec une confiance  $c = 1 - \alpha$  :

- si on a un échantillon de référence on utilise sa valeur  $p_e$  on prend  $n > z_\alpha^2 \frac{p_e(1-p_e)}{h^2}$
- si on n'a pas d'échantillon de référence alors on prend  $n > z_\alpha^2 \frac{1}{4h^2}$ .

## Estimation d'une moyenne

Dans une population  $\mathcal{P}$ , on désigne par  $X$  une variable statistique de moyenne  $\mu$  et d'écart-type  $\sigma$ . On prélève ensuite dans  $\mathcal{P}$  un échantillon  $\mathcal{E}$  de taille  $n$ . On note  $m_e$ ,  $s_e$  et  $\hat{s}_e$  respectivement la moyenne, l'écart-type et l'écart type corrigé de l'échantillon.

Étant donnée une confiance  $c$  (ou un risque d'erreur  $\alpha = 1 - c$ ), on peut déterminer un intervalle de confiance pour  $\mu$  selon la procédure suivante :

- Cas  $n \geq 30$ .

1. On détermine un nombre  $z_\alpha$  tel que quand  $Z \sim \mathcal{N}(0, 1)$ , on ait  $\mathbb{P}[Z \leq z_\alpha] = 1 - \frac{\alpha}{2} = \frac{c+1}{2}$ .

Par exemple :

confiance: $c$	0,9	0,95	0,96	0,98	0,99	0,995
risque d'erreur: $\alpha$	0,1	0,05	0,04	0,02	0,01	0,005
$z_\alpha$	1,645	1,960	2,054	2,326	2,576	2,807

2. Avec la confiance  $c = 1 - \alpha$ , on peut affirmer que  $\mu$  se trouve dans l'intervalle :

$$I_\alpha(\mu) = [m_e - a_\alpha; m_e + a_\alpha] \quad \text{où} \quad a_\alpha = z_\alpha \frac{s_e}{\sqrt{n-1}} = z_\alpha \frac{\hat{s}_e}{\sqrt{n}}$$

- Cas  $n < 30$ . On doit avoir l'hypothèse " $X$  suit une loi normale."

1. Dans la table de la loi de Student, on cherche  $t_\alpha$  telle que  $\mathbb{P}[-t_\alpha \leq T_n \leq t_\alpha] = c$ .

Cela revient à lire sur la table de Student la valeur  $t_\alpha$  avec  $p = \frac{\alpha}{2}$  pour  $n - 1$  degrés de liberté (d.d.l).

Par exemple :

confiance: $c$	0,9	0,95	0,96	0,98	0,99	0,995
risque d'erreur: $\alpha$	0,1	0,05	0,04	0,02	0,01	0,005
lire sur la table pour $p =$	0,05	0,025	0,02	0,01	0,005	0,0025

2. Avec la confiance  $c = 1 - \alpha$ , on peut affirmer que  $\mu$  se trouve dans l'intervalle :

$$I_\alpha(\mu) = [m_e - a_\alpha; m_e + a_\alpha] \quad \text{où} \quad a_\alpha = t_\alpha \frac{s_e}{\sqrt{n-1}} = t_\alpha \frac{\hat{s}_e}{\sqrt{n}}$$

## Taille de l'échantillon

Taille de l'échantillon pour avoir une précision  $h$  avec une confiance  $c = 1 - \alpha$  :

$$n > z_\alpha^2 \frac{(s_e)^2}{h^2}.$$

## Estimation d'un écart type

Dans une population  $\mathcal{P}$  de taille  $N$ , on désigne par  $X$  une variable statistique suivant une loi  $\mathcal{N}(\mu; \sigma)$ . On prélève ensuite dans  $\mathcal{P}$  un échantillon  $\mathcal{E}$  de taille  $n$ . On note respectivement  $s_e$  et  $\hat{s}_e$  l'écart type et l'écart type corrigé de l'échantillon.

Étant donnée une confiance  $c$  (ou un risque d'erreur  $\alpha = 1 - c$ ), on peut déterminer un intervalle de confiance pour  $\sigma$  selon la procédure suivante :

1. On cherche dans la table de la loi du  $\chi^2$  à  $n - 1$  ddl les valeurs :

$$x_1 \quad \text{lu pour } q = \frac{\alpha}{2} = \frac{1-c}{2} \qquad x_2 \quad \text{lu pour } p = \frac{\alpha}{2} = \frac{1-c}{2}$$

Ce qui revient à lire sur la table du  $\chi^2$  de la façon suivante :

confiance: $c$	0,9	0,95	0,96	0,98	0,99	0,995
risque d'erreur: $\alpha$	0,1	0,05	0,04	0,02	0,01	0,005
lire sur la table pour $p$ ou $q =$	0,05	0,025	0,02	0,01	0,005	0,0025

2. Avec la confiance  $c = 1 - \alpha$ , on peut affirmer que  $\sigma$  se trouve dans l'intervalle :

$$I_\alpha(\sigma) = \left[ s_e \sqrt{\frac{n}{x_2}}; s_e \sqrt{\frac{n}{x_1}} \right] = \left[ \hat{s}_e \sqrt{\frac{n-1}{x_2}}; \hat{s}_e \sqrt{\frac{n-1}{x_1}} \right]$$

# UTILISATION DE CALCULATRICE CASIO

## REMARQUES PRÉLIMINAIRES

- Il est parfois nécessaire d'utiliser la touche  $\boxed{F \leftrightarrow D}$  pour obtenir un résultat décimal au lieu d'une fraction (ou inversement).
- Les instructions peuvent différer selon le modèle et la configuration de votre calculatrice. S'écouter au manuel de votre calculatrice, et/ou aux vidéos sur plubel qui incluent aussi un autre modèle de calculatrice Casio.

5÷3	1.666666667
5÷3	5/3

## ÉDITEUR DE LISTES

L'éditeur de liste permet d'entrer dans la calculatrice les données afin de demander ensuite à la calculatrice de déterminer leur moyenne, leur écart-type, les droites de régression, etc.

On y accède avec la touche  $\boxed{\text{MENU}}$ , en choisissant **STAT**. Si l'on souhaite supprimer des données antérieures, on peut utiliser **DEL-A** (avec  $\boxed{F5}$  puis  $\boxed{F4}$ ) pour supprimer toute une colonne, ou **DEL** (avec  $\boxed{F5}$  puis  $\boxed{F3}$ ) pour supprimer une seule case.

	List 1	List 2	List 3	List 4
SUB	1ER EX	CENTR	EFFECT	
1	13	2.5	3	
2	15	7.5	9	
3	8	12.5	16	
4	12	17.5	6	

## STATISTIQUES UNIVARIÉES : CAS DE DONNÉES BRUTES

On considère l'exemple d'un groupe de 4 étudiants qui, à un contrôle, ont eu pour notes respectives 13, 15, 8 et 12. On souhaite calculer la moyenne, l'écart-type et la médiane des notes.

- On entre les valeurs dans une des colonnes de l'éditeur de liste. Par exemple dans la capture d'écran précédente, on les a entrées dans la première colonne (qui s'intitule **List 1** et que l'on a nommée **1ER EX** pour cette capture d'écran).
- On indique à la calculatrice quelles colonnes considérer : Depuis l'éditeur de listes, choisir **CALC** (touche  $\boxed{F2}$ ) puis **SET** (touche  $\boxed{F6}$ ). Dans le menu qui apparaît, entrer **List1** dans la ligne **1Var XList** (avec  $\boxed{F1}$   $\boxed{1}$   $\boxed{\text{EXE}}$ ), si les données ont été entrées dans la 1<sup>ère</sup> colonne de l'éditeur. Dans la ligne **1Var Freq**, entrer **1** (et ignorer les lignes commençant par **2Var**).
- On revient dans l'éditeur de liste (avec  $\boxed{\text{EXIT}}$ ) et on choisit **1VAR** (touche  $\boxed{F1}$ ). La moyenne s'affiche alors dans la ligne  $\bar{x}$ , l'écart-type dans la ligne  $\sigma_n$ , la médiane dans la ligne Med ...

1Var XList	:List1
1Var Freq	:1
1-Variable	
$\bar{x}$	=12
$\sigma_x$	=48
$\sigma_x^2$	=602
$\sigma_n$	=2.54950975
$\sigma_n^2$	=2.94392028
n	=4

## STATISTIQUES UNIVARIÉES : EFFECTIFS PAR MODALITÉ (ou par classe)

On considère par exemple les données suivantes :

Note	[0;5[	[5;10[	[10;15[	[15;20[
Effectif	3	9	16	6

- On entre les valeurs dans une des colonnes de l'éditeur de liste. Par exemple dans la capture d'écran de l'éditeur de liste, on a entré les centres des classes dans la deuxième colonne (qui s'intitule **List 2** et que l'on a nommée **CENTR** pour cette capture d'écran), et les effectifs dans la troisième colonne (**List 3**, que l'on a nommée **EFFECT** pour plus de lisibilité).
- Comme précédemment, on indique à la calculatrice quelles colonnes considérer : Cette fois-ci, dans le menu qui apparaît avec **SET**, on choisit **List 2** dans la ligne **1Var XList** (si les centres des classes sont dans la deuxième colonne de l'éditeur de listes) et **List 3** dans la ligne **1Var Freq** (si les effectifs sont dans la deuxième colonne de l'éditeur de listes).
- Choisir **1VAR** pour afficher la moyenne, l'écart-type, etc.

## STATISTIQUES BIVARIÉES

On entre de même les données dans l'éditeur puis on choisit **SET**. On indique la colonne où l'on a entré les valeurs de  $X$  dans la ligne **2Var XList** et celle où l'on a entré les valeurs de  $Y$  dans la ligne **2Var YList**. En présence d'effectifs, on indique la colonne correspondante dans la ligne **2Var Freq** (dans la cas contraire on met 1 dans cette ligne).

La fonction **2Var** calcule les moyennes et écarts-type de  $X$  et  $Y$ , tandis qu'en choisissant **REG**, puis  $\boxed{x}$  on obtient la droite de régression  $D_{Y/X}$ , et le coefficient de corrélation linéaire.

## COEFFICIENTS BINOMIAUX

(Exemple du calcul de  $\binom{6}{2}$  et  $\binom{6}{4}$  (qui sont égaux car  $\binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}$ ))

Pour  $\binom{6}{2}$ , taper  $\boxed{6}$ , puis entrer **nCr**, puis taper  $\boxed{2}$ .

Pour accéder à **nCr**, taper **OPTN**, puis choisissez **PROB** (faire défiler avec **F6** avant de sélectionner avec **F3**), puis **nCr** (avec **F3**).

6C2	15
6C4	15
x! nPr nCr Bin#	

### Remarques :

- La fonction factorielle **x!** se trouve dans le même menu.
- Certaines calculettes renvoient en message d'erreur quand on demande  $\binom{n}{k}$  pour  $k < 0$  ou  $k > n$ .

## LOI BINOMIALE : probabilité d'un intervalle

(Exemple du calcul de  $\mathbb{P}[X \leq 6]$  lorsque  $X \sim \mathcal{B}(12; 0,3)$ )

Dans **MENU**, choisir **STAT**, puis dans **DIST**, choisir **BINM** puis **Bcd**.

Dans le menu qui s'ouvre, entrer **Var** dans la ligne **Data**, puis renseigner les lignes suivantes :

- Comme on veut calculer  $\mathbb{P}[X \leq 6]$ , on entre  $\boxed{6}$  **EXE** dans la ligne **x**.
- Pour  $X \sim \mathcal{B}(12; 0,3)$ , on entre 12 dans la ligne **Numtrial** et 0.3 dans la ligne **P**.

Entrer **CALC** (dans la ligne **Execute**) pour calculer et afficher la probabilité.

```
Binomial C.D
Data :Variable
x :6
Numtrial:12
P :0.3
Save Res:None
Execute
|CALC
```

```
Binomial C.D
P=0.96139915
```

## LOI NORMALE : probabilité d'un intervalle

Exemple du calcul de  $\mathbb{P}[2,4 \leq X \leq 5,1]$  lorsque  $X \sim \mathcal{N}(3,7; 1,2)$  :

Dans **MENU**, choisir **STAT**, puis dans **DIST**, choisir **NORM** puis **Ncd**.

Dans le menu qui s'ouvre, entrer 2.4 dans la ligne **Lower** et 5.1 dans la ligne **Upper** (car on veut calculer  $\mathbb{P}[2,4 \leq X \leq 5,1]$ ). Entrer enfin 1.2 dans la ligne  **$\sigma$**  et 3.7 dans la ligne  **$\mu$**  (car on considère  $X \sim \mathcal{N}(3,7; 1,2)$ ).

Entrer **CALC** (dans la ligne **Execute**) pour calculer et afficher la probabilité.

```
Normal C.D
Lower :2.4
Upper :5.1
σ :1.2
μ :3.7
Save Res:None
Execute
|CALC
```

```
Normal C.D
P =0.73899724
z:Low=-1.0833333
z:UP=1.16666667
```

**Remarque :** On aurait aussi pu demander de calculer par exemple  $\mathbb{P}[X \leq 5,1]$ , c'est à dire que l'intervalle va de  $-\infty$  à 5,1. Comme la calculette ne connaît pas le nombre «  $-\infty$  », on le remplace par un nombre très loin dans les négatifs (par exemple -99999999). Pour calculer  $\mathbb{P}[X \leq 5,1]$ , on demandera donc à la calculette de calculer  $\mathbb{P}[-99999999 \leq X \leq 5,1]$ .

## LOI NORMALE : intervalle de probabilité fixée

Exemple : « trouver  $a$  tel que  $\mathbb{P}[X \leq a] = 0,95$  », lorsque  $X \sim \mathcal{N}(3,7; 1,2)$  :

Dans **MENU**, choisir **STAT**, puis dans **DIST**, choisir **NORM** puis **InvN**.

Dans le menu qui s'ouvre, entrer **Left** dans la ligne **Tail** (pour indiquer qu'on cherche un intervalle de la forme «  $X \leq \dots$  ») et **0.95** dans la ligne **Area** (pour indiquer que l'on veut une probabilité égale à 0,95). Entrer enfin 1.2 dans la ligne  **$\sigma$**  et 3.7 dans la ligne  **$\mu$**  (car on considère  $X \sim \mathcal{N}(3,7; 1,2)$ ).

Entrer **CALC** (dans la ligne **Execute**) pour calculer et afficher le nombre correspondant.

Sur cet exemple, le resultat signifie que  $\mathbb{P}[X \leq 5,67382435] \simeq 0,95$ .

```
Inverse Normal
Tail :Left
Area :0.95
σ :1.2
μ :3.7
Save Res:None
Execute
|CALC
```

```
Inverse Normal
x=5.67382435
```

**Remarque** Si la question posée avait été « trouver  $a$  tel que  $\mathbb{P}[X \geq a] = 0,95$  » on aurait remplacé **Left** par **Right** dans la ligne **Tail**. Si votre modèle de calculatrice ne propose pas cette option, on pouvait (à la place de changer la ligne **Tail**) remplacer **0.95** par **0.05** dans la ligne **Area**.

# UTILISATION DE CALCULATRICES TI

## REMARQUES PRÉLIMINAIRES

- Sur les calculatrices TI, la touche  $\boxed{-}$  sert uniquement à faire des soustractions, mais pas à entrer des nombres négatifs. Seule la touche  $\boxed{(-)}$  permet d'entrer des nombres négatifs.
- Les instructions peuvent différer selon le modèle et la configuration de votre calculatrice. S'é référer au manuel de votre calculatrice, et/ou aux vidéos sur plubel qui incluent deux modèles différents de calculatrice TI.

## ÉDITEUR DE LISTES

L'éditeur de liste permet d'entrer dans la calculatrice les données afin de demander ensuite à la calculatrice de déterminer leur moyenne, leur écart-type, les droites de régression, etc. On y accède en choisissant **Edit...** dans le menu  $\boxed{\text{STAT}}$ .

Si l'on souhaite supprimer des données antérieures, on peut utiliser  $\boxed{\text{DEL}}$  pour supprimer une seule case, ou **ClrList** (dans le menu  $\boxed{\text{STAT}}$ ) suivi du nom (**L1**, ou **L2** par exemple) de la colonne que l'on veut effacer. On peut entrer **L1** avec  $\boxed{2\text{nd}}$   $\boxed{1}$ .

L1	L2	L3	3
13	2.5	3	
15	7.5	9	
8	12.5	16	
12	17.5	6	
---	---	---	
L3(5) =			

## STATISTIQUES UNIVARIÉES : CAS DE DONNÉES BRUTES

On considère l'exemple d'un groupe de 4 étudiants qui, à un contrôle, ont eu pour notes respectives 13, 15, 8 et 12. On souhaite calculer la moyenne, l'écart-type et la médiane des notes.

- On entre les valeurs dans une des colonnes de l'éditeur de liste. Par exemple dans la capture d'écran précédente, on les a entrées dans la première colonne (qui s'intitule **L1**).
- On exécute la commande **1-Var Stats L1**, où **L1** indique qu'on a mis les données dans la première colonne de l'éditeur de liste. La fonction **1-Var Stats** se trouve dans la colonne **CALC** du menu  $\boxed{\text{STAT}}$  (on y accède donc par  $\boxed{\text{STAT}}$  suivi de  $\boxed{\triangleright}$  et  $\boxed{\text{ENTER}}$ ), et **L1** s'obtient avec  $\boxed{2\text{nd}}$   $\boxed{1}$ .

La moyenne s'affiche alors dans la ligne  $\bar{x}$ , l'écart-type dans la ligne  $\sigma x$ , la médiane dans la ligne **Med ...**

1-Var Stats L1
1-Var Stats
$\bar{x}=12$
$\Sigma x=48$
$\Sigma x^2=602$
$Sx=2.943920289$
$\sigma x=2.549509757$
$\downarrow n=4$

## STATISTIQUES UNIVARIÉES : EFFECTIFS PAR MODALITÉ (ou par classe)

On considère par exemple les données suivantes :

Note	[0;5[	[5;10[	[10;15[	[15;20[
Effectif	3	9	16	6

- On entre les valeurs dans une des colonnes de l'éditeur de liste. Par exemple dans la capture d'écran de l'éditeur de liste, on a entré les centres des classes dans la deuxième colonne (qui s'intitule **L2**), et les effectifs dans la troisième colonne (nommée **L3**).
- Si par exemple on a entré les valeurs (ou centre des classes) dans **L2** et les effectifs dans **L3**, alors on exécute cette fois-ci **1-Var Stats L2,L3**.

## STATISTIQUES BIVARIÉES

On entre de même les données dans l'éditeur puis on exécute **2-Var Stats** suivi du nom de la colonne ou on a entré les valeurs de  $X$ , puis celle où on a entré les valeurs de  $Y$  et le cas échéant celle où on a entré les effectifs (séparées à chaque fois par des virgules). On obtient ainsi les moyennes, écarts-type, etc.

La fonction **LinReg(ax+b)** (suivie elle aussi du nom des colonnes) donne pour sa part la droite  $D_{Y|X}$ . Pour obtenir le coefficient de corrélation linéaire, on peut utiliser la fonction **LinRegTTest...** (qui affiche aussi plein d'autres informations non pertinentes pour ce cours).



## COEFFICIENTS BINOMIAUX

(Exemple du calcul de  $\binom{6}{2}$  et  $\binom{6}{4}$  (qui sont égaux car  $\binom{n}{k} = \binom{n}{n-k}$ ))

Pour  $\binom{6}{2}$ , taper  $\boxed{6}$ , puis entrer **Combinaisons**, puis taper  $\boxed{2}$ .

Pour accéder à **Combinaisons**, taper  $\boxed{\text{MATH}}$ , puis allez dans la colonne **PRB** (en appuyant 3 fois sur  $\boxed{\triangleright}$ ), puis choisir **Combinaisons** (en appuyant 2 fois sur  $\boxed{\nabla}$  puis sur  $\boxed{\text{ENTER}}$ ).

**Remarques :**

- La fonction factorielle « ! » se trouve dans le même menu.
- Certaines calculettes renvoient en message d'erreur quand on demande  $\binom{n}{k}$  pour  $k < 0$  ou  $k > n$ .
- Sur les TI anglophones (capture d'écran ci contre) la fonction **Combinaisons** s'appelle **nCr**.

```
6 Combinaisons 2
15
6 Combinaisons 4
15
```

```
6 nCr 2
15
6 nCr 4
15
```

## LOI BINOMIALE : probabilité d'un intervalle

(Exemple du calcul de  $\mathbb{P}[X \leq 6]$  lorsque  $X \sim \mathcal{B}(12; 0,3)$ )

On utilise la fonction **binomFRép** (ou **binomcdf** sur les calculettes anglophones). On trouve cette fonction dans le menu **DISTR** accessible par  $\boxed{2\text{nd}}$   $\boxed{\text{VARs}}$ . On entre ensuite les valeurs 12 et 0.3 (pour  $X \sim \mathcal{B}(12; 0,3)$ ), séparées par des virgules, puis 6 (pour calculer  $\mathbb{P}[X \leq 6]$ ). On finit par  $\boxed{)}$   $\boxed{\text{ENTER}}$ . La valeur qui s'affiche alors est la probabilité  $\mathbb{P}[X \leq 6]$ .

```
binomFRép(12,0.3,6
)
.9613991569
```

**Remarque** Sur les modèles les plus récents de calculatrices TI, un menu (semblable à celui des casio) permet d'entrer plus facilement les valeurs de  $n$  et  $p$ , ainsi que les bornes de l'intervalle.

## LOI NORMALE : probabilité d'un intervalle

(Exemple du calcul de  $\mathbb{P}[2,4 \leq X \leq 5,1]$  lorsque  $X \sim \mathcal{N}(3,7; 1,2)$ )

On utilise la fonction **normalFRép** (ou **normalcdf** sur les calculettes anglophones). On trouve cette fonction dans le menu **DISTR** accessible par  $\boxed{2\text{nd}}$   $\boxed{\text{VARs}}$ . On entre ensuite les valeurs 2.4, 5.1, 3.7, et 1.2 (séparées par des virgules), pour indiquer qu'on calcule  $\mathbb{P}[2,4 \leq X \leq 5,1]$  et que  $X \sim \mathcal{N}(3,7; 1,2)$ . On finit par  $\boxed{)}$   $\boxed{\text{ENTER}}$ . La valeur qui s'affiche alors est la probabilité  $\mathbb{P}[2,4 \leq X \leq 5,1]$ .

```
normalFRép(2.4,5.1
,3.7,1.2)
.7389971563
```

**Remarques :**

- On aurait aussi pu demander de calculer par exemple  $\mathbb{P}[X \leq 5,1]$ , c'est à dire que l'intervalle va de  $-\infty$  à 5,1. Comme la calculette ne connaît pas le nombre «  $-\infty$  », on le remplace par un nombre très loin dans les négatifs (par exemple  $-99999999$ ). Pour calculer  $\mathbb{P}[X \leq 5,1]$ , on demandera donc à la calculette de calculer  $\mathbb{P}[-99999999 \leq X \leq 5,1]$ .
- Sur les modèles les plus récents de calculatrices TI, un menu (semblable à celui des casio) permet d'entrer plus facilement les valeurs de la moyenne  $\mu$  et de l'écart-type  $\sigma$  de la loi normale, ainsi que les bornes de l'intervalle.

## LOI NORMALE : intervalle de probabilité fixée

Exemple : « trouver  $a$  tel que  $\mathbb{P}[X \leq a] = 0,95$  », lorsque  $X \sim \mathcal{N}(3,7; 1,2)$  :

On utilise la fonction **FracNormale** (ou **invNorm** sur les calculettes anglophones). On trouve cette fonction dans le menu **DISTR** accessible par  $\boxed{2\text{nd}}$   $\boxed{\text{VARs}}$ . On entre ensuite les valeurs 0.95 (car on veut une probabilité 0,95), 3.7, et 1.2 (car  $X \sim \mathcal{N}(3,7; 1,2)$ ), séparées par des virgules). On finit par  $\boxed{)}$   $\boxed{\text{ENTER}}$ .

Sur cet exemple, le résultat signifie que  $\mathbb{P}[X \leq 5,673824351] \simeq 0,95$ .

```
FracNormale(0.95,
3.7,1.2)
5.673824351
```

**Remarque** Sur les modèles les plus récents de calculatrices TI, un menu (semblable à celui des casio) permet d'entrer plus facilement les valeurs de la moyenne  $\mu$  et de l'écart-type  $\sigma$  de la loi normale, et (selon le modèle) de spécifier si l'intervalle recherché est de la forme «  $X \leq \dots$  » ou «  $X \geq \dots$  ».



# UTILISATION DE CALCULATRICES *NumWORKS*

## REMARQUE PRÉLIMINAIRE

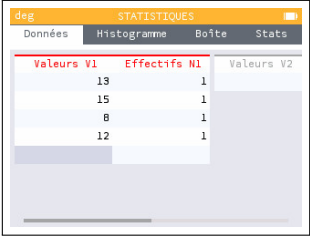
Le nom des menus, des fonctions, etc peut varier selon le modèle, la configuration, etc. Il est nécessaire de s'être entraîné à utiliser la calculatrice et/ou d'avoir consulté le manuel du modèle de calculatrice que vous avez. Ce formulaire est aussi complété par des vidéos sur plubel.

## STATISTIQUES UNIVARIÉES : CAS DE DONNÉES BRUTES

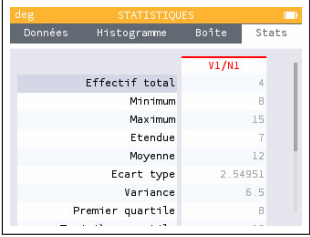
On considère l'exemple d'un groupe de 4 étudiants qui, à un contrôle, ont eu pour notes respectives 13, 15, 8 et 12. On souhaite calculer la moyenne, l'écart-type et la médiane des notes.

- Dans la partie **Statistiques**, (accessible depuis le menu ) , entrer ces données dans une des colonnes de l'onglet **Données**, comme dans la capture d'écran ci-contre. Les données seront dans une colonne (V1 ou V2, etc). Ne laissez que des 1 dans la colonne **Effectifs** correspondante, pour compter chaque valeur une fois.
- Passer dans l'onglet **Stats** (on utilise les flèches pour monter le curseur vers les onglets et le placer sur l'onglet **Stats**, puis  pour changer d'onglet).

Dans cette onglet, dans la même colonne que celle où on a entré les données (la colonne V1/N1 pour ces captures d'écran), on lit la moyenne, l'écart type, etc



Valeurs V1	Effectifs N1	Valeurs V2
13	1	
15	1	
8	1	
12	1	




	V1/N1
Effectif total	4
Minimum	8
Maximum	15
Etendue	7
Moyenne	12
Ecart type	2.54951
Variance	6.5
Premier quartile	8

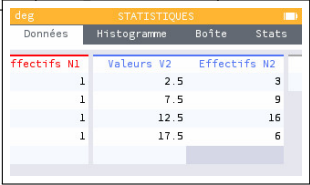
## STATISTIQUES UNIVARIÉES : EFFECTIFS PAR MODALITÉ

On considère par exemple les données suivantes :

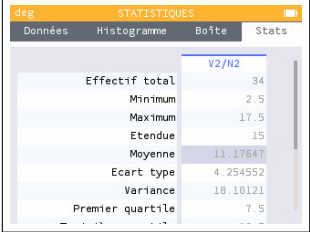
Note	[0 ;5[	[5 ;10[	[10 ;15[	[15 ;20[
Effectif	3	9	16	6

- Entrer les données dans la partie **Statistiques**, (accessible depuis le menu ) , dans une des colonnes de l'onglet **Données**, comme dans la capture d'écran ci-contre. Les modalités (ou les centres des classes) seront dans une colonne (V1 ou V2, etc), et les effectifs dans la colonne **Effectifs** qui y est associée.
- Passer dans l'onglet **Stats**. Dans la même colonne que celle où on a entré les données (la colonne V2/N2 pour ces captures d'écran), on lit la moyenne, l'écart type, etc

(ou par classe)




Effectifs N1	Valeurs V2	Effectifs N2
1	2.5	3
1	7.5	9
1	12.5	16
1	17.5	6




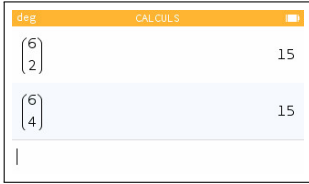
	V2/N2
Effectif total	34
Minimum	2.5
Maximum	17.5
Etendue	15
Moyenne	11.17647
Ecart type	4.254552
Variance	18.18121
Premier quartile	7.5

## STATISTIQUES BIVARIÉES

Entrer cette fois ci les données dans la partie **Régressions** (accessible depuis le menu ) . Après avoir entré les données dans une colonne, on obtient les moyennes, les écarts-type, le coefficient de corrélation linéaire, etc dans l'onglet **Stats**.





## COEFFICIENTS BINOMIAUX

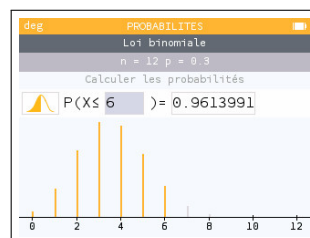
On entre les coefficients binomiaux avec la fonction **binomial**, qui se trouve dans la partie **Dénombrement** de la boîte à outils accessible avec .



$\binom{6}{2}$	15
$\binom{6}{4}$	15

## LOI BINOMIALE ET LOI NORMALE

Aller dans la partie **Probabilités** (accessible depuis le menu ) , choisir la loi (binomiale ou normale), entrer ses paramètres ( $n$  et  $p$  pour une loi binomiale,  $\mu$  et  $\sigma$  pour une loi normale). Un écran comme ci-contre permet ensuite de choisir l'intervalle dont vous cherchez la probabilité : en déplaçant le curseur tout à gauche on choisit entre  (pour un intervalle de la forme «  $X \leq \dots$  »),  (pour un intervalle de la forme «  $\dots \leq X \leq \dots$  »), et  (pour un intervalle de la forme «  $X \geq \dots$  »). En déplaçant le curseur plus à droite on choisit la/les borne-s de l'intervalle, la probabilité est calculée immédiatement.

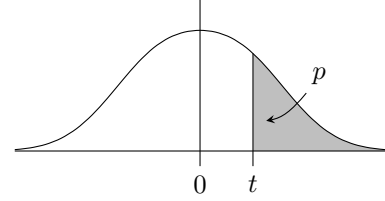


En déplaçant le curseur tout à droite on peut entrer une valeur pour la probabilité. Dans ce cas la calculatrice calcule immédiatement un intervalle qui a cette probabilité là (ou qui s'en rapproche, dans le cas d'une loi binomiale).

# TABLE 1 : LOI DE STUDENT

TABLE INVERSE DE LA LOI DE STUDENT

$t$  en fonction de  $p$  tel que  $p = \mathbb{P}[T \geq t]$   
pour  $T$  suivant une loi de Student.



ddl \ p	0,2	0,15	0,1	0,05	0,04	0,03	0,025	0,02	0,015	0,01	0,005	0,0025
1	1,3764	1,9626	3,0777	6,3138	7,9158	10,5789	12,7062	15,8945	21,2049	31,8205	63,6567	127,3213
2	1,0607	1,3862	1,8856	2,9200	3,3198	3,8964	4,3027	4,8487	5,6428	6,9646	9,9248	14,0890
3	0,9785	1,2498	1,6377	2,3534	2,6054	2,9505	3,1824	3,4819	3,8960	4,5407	5,8409	7,4533
4	0,9410	1,1896	1,5332	2,1318	2,3329	2,6008	2,7764	2,9985	3,2976	3,7469	4,6041	5,5976
5	0,9195	1,1558	1,4759	2,0150	2,1910	2,4216	2,5706	2,7565	3,0029	3,3649	4,0321	4,7733
6	0,9057	1,1342	1,4398	1,9432	2,1043	2,3133	2,4469	2,6122	2,8289	3,1427	3,7074	4,3168
7	0,8960	1,1192	1,4149	1,8946	2,0460	2,2409	2,3646	2,5168	2,7146	2,9980	3,4995	4,0293
8	0,8889	1,1081	1,3968	1,8595	2,0042	2,1892	2,3060	2,4490	2,6338	2,8965	3,3554	3,8325
9	0,8834	1,0997	1,3830	1,8331	1,9727	2,1504	2,2622	2,3984	2,5738	2,8214	3,2498	3,6897
10	0,8791	1,0931	1,3722	1,8125	1,9481	2,1202	2,2281	2,3593	2,5275	2,7638	3,1693	3,5814
11	0,8755	1,0877	1,3634	1,7959	1,9284	2,0961	2,2010	2,3281	2,4907	2,7181	3,1058	3,4966
12	0,8726	1,0832	1,3562	1,7823	1,9123	2,0764	2,1788	2,3027	2,4607	2,6810	3,0545	3,4284
13	0,8702	1,0795	1,3502	1,7709	1,8989	2,0600	2,1604	2,2816	2,4358	2,6503	3,0123	3,3725
14	0,8681	1,0763	1,3450	1,7613	1,8875	2,0462	2,1448	2,2638	2,4149	2,6245	2,9768	3,3257
15	0,8662	1,0735	1,3406	1,7531	1,8777	2,0343	2,1314	2,2485	2,3970	2,6025	2,9467	3,2860
16	0,8647	1,0711	1,3368	1,7459	1,8693	2,0240	2,1199	2,2354	2,3815	2,5835	2,9208	3,2520
17	0,8633	1,0690	1,3334	1,7396	1,8619	2,0150	2,1098	2,2238	2,3681	2,5669	2,8982	3,2224
18	0,8620	1,0672	1,3304	1,7341	1,8553	2,0071	2,1009	2,2137	2,3562	2,5524	2,8784	3,1966
19	0,8610	1,0655	1,3277	1,7291	1,8495	2,0000	2,0930	2,2047	2,3456	2,5395	2,8609	3,1737
20	0,8600	1,0640	1,3253	1,7247	1,8443	1,9937	2,0860	2,1967	2,3362	2,5280	2,8453	3,1534
21	0,8591	1,0627	1,3232	1,7207	1,8397	1,9880	2,0796	2,1894	2,3278	2,5176	2,8314	3,1352
22	0,8583	1,0614	1,3212	1,7171	1,8354	1,9829	2,0739	2,1829	2,3202	2,5083	2,8188	3,1188
23	0,8575	1,0603	1,3195	1,7139	1,8316	1,9782	2,0687	2,1770	2,3132	2,4999	2,8073	3,1040
24	0,8569	1,0593	1,3178	1,7109	1,8281	1,9740	2,0639	2,1715	2,3069	2,4922	2,7969	3,0905
25	0,8562	1,0584	1,3163	1,7081	1,8248	1,9701	2,0595	2,1666	2,3011	2,4851	2,7874	3,0782
26	0,8557	1,0575	1,3150	1,7056	1,8219	1,9665	2,0555	2,1620	2,2958	2,4786	2,7787	3,0669
27	0,8551	1,0567	1,3137	1,7033	1,8191	1,9632	2,0518	2,1578	2,2909	2,4727	2,7707	3,0565
28	0,8546	1,0560	1,3125	1,7011	1,8166	1,9601	2,0484	2,1539	2,2864	2,4671	2,7633	3,0469
29	0,8542	1,0553	1,3114	1,6991	1,8142	1,9573	2,0452	2,1503	2,2822	2,4620	2,7564	3,0380
30	0,8538	1,0547	1,3104	1,6973	1,8120	1,9546	2,0423	2,1470	2,2783	2,4573	2,7500	3,0298
31	0,8534	1,0541	1,3095	1,6955	1,8100	1,9522	2,0395	2,1438	2,2746	2,4528	2,7440	3,0221
32	0,8530	1,0535	1,3086	1,6939	1,8081	1,9499	2,0369	2,1409	2,2712	2,4487	2,7385	3,0149
33	0,8526	1,0530	1,3077	1,6924	1,8063	1,9477	2,0345	2,1382	2,2680	2,4448	2,7333	3,0082
34	0,8523	1,0525	1,3070	1,6909	1,8046	1,9457	2,0322	2,1356	2,2650	2,4411	2,7284	3,0020
35	0,8520	1,0520	1,3062	1,6896	1,8030	1,9438	2,0301	2,1332	2,2622	2,4377	2,7238	2,9960
36	0,8517	1,0516	1,3055	1,6883	1,8015	1,9419	2,0281	2,1309	2,2595	2,4345	2,7195	2,9905
37	0,8514	1,0512	1,3049	1,6871	1,8001	1,9402	2,0262	2,1287	2,2570	2,4314	2,7154	2,9852
38	0,8512	1,0508	1,3042	1,6860	1,7988	1,9386	2,0244	2,1267	2,2546	2,4286	2,7116	2,9803
39	0,8509	1,0504	1,3036	1,6849	1,7975	1,9371	2,0227	2,1247	2,2524	2,4258	2,7079	2,9756
40	0,8507	1,0500	1,3031	1,6839	1,7963	1,9357	2,0211	2,1229	2,2503	2,4233	2,7045	2,9712
41	0,8505	1,0497	1,3025	1,6829	1,7952	1,9343	2,0195	2,1212	2,2482	2,4208	2,7012	2,9670
42	0,8503	1,0494	1,3020	1,6820	1,7941	1,9330	2,0181	2,1195	2,2463	2,4185	2,6981	2,9630
43	0,8501	1,0491	1,3016	1,6811	1,7931	1,9317	2,0167	2,1179	2,2445	2,4163	2,6951	2,9592
44	0,8499	1,0488	1,3011	1,6802	1,7921	1,9305	2,0154	2,1164	2,2427	2,4141	2,6923	2,9555
45	0,8497	1,0485	1,3006	1,6794	1,7911	1,9294	2,0141	2,1150	2,2411	2,4121	2,6896	2,9521
46	0,8495	1,0483	1,3002	1,6787	1,7902	1,9283	2,0129	2,1136	2,2395	2,4102	2,6870	2,9488
47	0,8493	1,0480	1,2998	1,6779	1,7894	1,9273	2,0117	2,1123	2,2380	2,4083	2,6846	2,9456
48	0,8492	1,0478	1,2994	1,6772	1,7885	1,9263	2,0106	2,1111	2,2365	2,4066	2,6822	2,9426
49	0,8490	1,0475	1,2991	1,6766	1,7878	1,9253	2,0096	2,1099	2,2351	2,4049	2,6800	2,9397
50	0,8489	1,0473	1,2987	1,6759	1,7870	1,9244	2,0086	2,1087	2,2338	2,4033	2,6778	2,9370
51	0,8487	1,0471	1,2984	1,6753	1,7863	1,9236	2,0076	2,1076	2,2325	2,4017	2,6757	2,9343
52	0,8486	1,0469	1,2980	1,6747	1,7856	1,9227	2,0066	2,1066	2,2313	2,4002	2,6737	2,9318
53	0,8485	1,0467	1,2977	1,6741	1,7849	1,9219	2,0057	2,1055	2,2301	2,3988	2,6718	2,9293
54	0,8483	1,0465	1,2974	1,6736	1,7843	1,9211	2,0049	2,1046	2,2289	2,3974	2,6700	2,9270
55	0,8482	1,0463	1,2971	1,6730	1,7836	1,9204	2,0040	2,1036	2,2278	2,3961	2,6682	2,9247
56	0,8481	1,0461	1,2969	1,6725	1,7830	1,9197	2,0032	2,1027	2,2268	2,3948	2,6665	2,9225
57	0,8480	1,0459	1,2966	1,6720	1,7825	1,9190	2,0025	2,1018	2,2258	2,3936	2,6649	2,9204
58	0,8479	1,0458	1,2963	1,6716	1,7819	1,9183	2,0017	2,1010	2,2248	2,3924	2,6633	2,9184
59	0,8478	1,0456	1,2961	1,6711	1,7814	1,9177	2,0010	2,1002	2,2238	2,3912	2,6618	2,9164
60	0,8477	1,0455	1,2958	1,6706	1,7808	1,9170	2,0003	2,0994	2,2229	2,3901	2,6603	2,9146
61	0,8476	1,0453	1,2956	1,6702	1,7803	1,9164	1,9996	2,0986	2,2220	2,3890	2,6589	2,9127
62	0,8475	1,0452	1,2954	1,6698	1,7799	1,9158	1,9990	2,0979	2,2212	2,3880	2,6575	2,9110
63	0,8474	1,0450	1,2951	1,6694	1,7794	1,9153	1,9983	2,0971	2,2204	2,3870	2,6561	2,9093
64	0,8473	1,0449	1,2949	1,6690	1,7789	1,9147	1,9977	2,0965	2,2195	2,3860	2,6549	2,9076
65	0,8472	1,0448	1,2947	1,6686	1,7785	1,9142	1,9971	2,0958	2,2188	2,3851	2,6536	2,9060
66	0,8471	1,0446	1,2945	1,6683	1,7781	1,9137	1,9966	2,0951	2,2180	2,3842	2,6524	2,9045
67	0,8470	1,0445	1,2943	1,6679	1,7776	1,9132	1,9960	2,0945	2,2173	2,3833	2,6512	2,9030
68	0,8469	1,0444	1,2941	1,6676	1,7772	1,9127	1,9955	2,0939	2,2166	2,3824	2,6501	2,9015
69	0,8469	1,0443	1,2939	1,6672	1,7769	1,9122	1,9949	2,0933	2,2159	2,3816	2,6490	2,9001
70	0,8468	1,0442	1,2938	1,6669	1,7765	1,9118	1,9944	2,0927	2,2152	2,3808	2,6479	2,8987

# TABLE 2 : LOI DU $\chi^2$

## TABLE INVERSE DE LA LOI DU $\chi^2$

Valeurs de  $x$  en fonction de  $q$  tel que  $q = \mathbb{P}[\chi^2 \leq x]$   
et de  $p$  tel que  $p = \mathbb{P}[\chi^2 \geq x]$   
en fonction du nombre de ddl du  $\chi^2$ .

ddl \ $q$ $p$	0,0025	0,005	0,01	0,02	0,025	0,05	0,1	0,9	0,95	0,975	0,98	0,99	0,995	0,9975
1	0,00001	0,00004	0,0002	0,001	0,001	0,004	0,016	2,706	3,841	5,024	5,412	6,635	7,879	9,141
2	0,005	0,010	0,020	0,040	0,051	0,103	0,211	4,605	5,991	7,378	7,824	9,210	10,60	11,98
3	0,045	0,072	0,115	0,185	0,216	0,352	0,584	6,251	7,815	9,348	9,837	11,34	12,84	14,32
4	0,145	0,207	0,297	0,429	0,484	0,711	1,064	7,779	9,488	11,14	11,67	13,28	14,86	16,42
5	0,307	0,412	0,554	0,752	0,831	1,145	1,610	9,236	11,07	12,83	13,39	15,09	16,75	18,39
6	0,527	0,676	0,872	1,134	1,237	1,635	2,204	10,64	12,59	14,45	15,03	16,81	18,55	20,25
7	0,794	0,989	1,239	1,564	1,690	2,167	2,833	12,02	14,07	16,01	16,62	18,48	20,28	22,04
8	1,104	1,344	1,646	2,032	2,180	2,733	3,490	13,36	15,51	17,53	18,17	20,09	21,95	23,77
9	1,450	1,735	2,088	2,532	2,700	3,325	4,168	14,68	16,92	19,02	19,68	21,67	23,59	25,46
10	1,827	2,156	2,558	3,059	3,247	3,940	4,865	15,99	18,31	20,48	21,16	23,21	25,19	27,11
11	2,232	2,603	3,053	3,609	3,816	4,575	5,578	17,28	19,68	21,92	22,62	24,72	26,76	28,73
12	2,661	3,074	3,571	4,178	4,404	5,226	6,304	18,55	21,03	23,34	24,05	26,22	28,30	30,32
13	3,112	3,565	4,107	4,765	5,009	5,892	7,042	19,81	22,36	24,74	25,47	27,69	29,82	31,88
14	3,582	4,075	4,660	5,368	5,629	6,571	7,790	21,06	23,68	26,12	26,87	29,14	31,32	33,43
15	4,070	4,601	5,229	5,985	6,262	7,261	8,547	22,31	25,00	27,49	28,26	30,58	32,80	34,95
16	4,573	5,142	5,812	6,614	6,908	7,962	9,312	23,54	26,30	28,85	29,63	32,00	34,27	36,46
17	5,092	5,697	6,408	7,255	7,564	8,672	10,09	24,77	27,59	30,19	31,00	33,41	35,72	37,95
18	5,623	6,265	7,015	7,906	8,231	9,390	10,86	25,99	28,87	31,53	32,35	34,81	37,16	39,42
19	6,167	6,844	7,633	8,567	8,907	10,12	11,65	27,20	30,14	32,85	33,69	36,19	38,58	40,88
20	6,723	7,434	8,260	9,237	9,591	10,85	12,44	28,41	31,41	34,17	35,02	37,57	40,00	42,34
21	7,289	8,034	8,897	9,915	10,28	11,59	13,24	29,62	32,67	35,48	36,34	38,93	41,40	43,78
22	7,865	8,643	9,542	10,60	10,98	12,34	14,04	30,81	33,92	36,78	37,66	40,29	42,80	45,20
23	8,450	9,260	10,20	11,29	11,69	13,09	14,85	32,01	35,17	38,08	38,97	41,64	44,18	46,62
24	9,044	9,886	10,86	11,99	12,40	13,85	15,66	33,20	36,42	39,36	40,27	42,98	45,56	48,03
25	9,646	10,52	11,52	12,70	13,12	14,61	16,47	34,38	37,65	40,65	41,57	44,31	46,93	49,44
26	10,26	11,16	12,20	13,41	13,84	15,38	17,29	35,56	38,89	41,92	42,86	45,64	48,29	50,83
27	10,87	11,81	12,88	14,13	14,57	16,15	18,11	36,74	40,11	43,19	44,14	46,96	49,64	52,22
28	11,50	12,46	13,56	14,85	15,31	16,93	18,94	37,92	41,34	44,46	45,42	48,28	50,99	53,59
29	12,13	13,12	14,26	15,57	16,05	17,71	19,77	39,09	42,56	45,72	46,69	49,59	52,34	54,97
30	12,76	13,79	14,95	16,31	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	47,96	50,89	53,67	56,33
31	13,41	14,46	15,66	17,04	17,54	19,28	21,43	41,42	44,99	48,23	49,23	52,19	55,00	57,69
32	14,06	15,13	16,36	17,78	18,29	20,07	22,27	42,58	46,19	49,48	50,49	53,49	56,33	59,05
33	14,71	15,82	17,07	18,53	19,05	20,87	23,11	43,75	47,40	50,73	51,74	54,78	57,65	60,39
34	15,37	16,50	17,79	19,28	19,81	21,66	23,95	44,90	48,60	51,97	53,00	56,06	58,96	61,74
35	16,03	17,19	18,51	20,03	20,57	22,47	24,80	46,06	49,80	53,20	54,24	57,34	60,27	63,08
36	16,70	17,89	19,23	20,78	21,34	23,27	25,64	47,21	51,00	54,44	55,49	58,62	61,58	64,41
37	17,37	18,59	19,96	21,54	22,11	24,07	26,49	48,36	52,19	55,67	56,73	59,89	62,88	65,74
38	18,05	19,29	20,69	22,30	22,88	24,88	27,34	49,51	53,38	56,90	57,97	61,16	64,18	67,06
39	18,73	20,00	21,43	23,07	23,65	25,70	28,20	50,66	54,57	58,12	59,20	62,43	65,48	68,38
40	19,42	20,71	22,16	23,84	24,43	26,51	29,05	51,81	55,76	59,34	60,44	63,69	66,77	69,70
45	22,90	24,31	25,90	27,72	28,37	30,61	33,35	57,51	61,66	65,41	66,56	69,96	73,17	76,22
50	26,46	27,99	29,71	31,66	32,36	34,76	37,69	63,17	67,50	71,42	72,61	76,15	79,49	82,66
60	33,79	35,53	37,48	39,70	40,48	43,19	46,46	74,40	79,08	83,30	84,58	88,38	91,95	95,34
70	41,33	43,28	45,44	47,89	48,76	51,74	55,33	85,53	90,53	95,02	96,39	100,4	104,2	107,8
80	49,04	51,17	53,54	56,21	57,15	60,39	64,28	96,58	101,9	106,6	108,1	112,3	116,3	120,1
90	56,89	59,20	61,75	64,63	65,65	69,13	73,29	107,6	113,1	118,1	119,6	124,1	128,3	132,3
100	64,86	67,33	70,06	73,14	74,22	77,93	82,36	118,5	124,3	129,6	131,1	135,8	140,2	144,3
110	72,92	75,55	78,46	81,72	82,87	86,79	91,47	129,4	135,5	140,9	142,6	147,4	151,9	156,2
120	81,07	83,85	86,92	90,37	91,57	95,70	100,6	140,2	146,6	152,2	153,9	159,0	163,6	168,1
130	89,30	92,22	95,45	99,07	100,3	104,7	109,8	151,0	157,6	163,5	165,2	170,4	175,3	179,9
140	97,59	100,7	104,0	107,8	109,1	113,7	119,0	161,8	168,6	174,6	176,5	181,8	186,8	191,6
150	105,9	109,1	112,7	116,6	118,0	122,7	128,3	172,6	179,6	185,8	187,7	193,2	198,4	203,2